

ASPECTOS DA ENTOAÇÃO NA ESQUIZOFRENIA: UMA ANÁLISE DA ENTROPIA

Aspects of intonation in schizophrenia: an analysis of entropy

MARTINS, Marcus Vinícius Moreira¹

FERREIRA NETTO, Waldemar²

JORGE, Ana Cristina Aparecida²

¹Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

²Universidade de São Paulo - USP

Resumo: Este trabalho tem por objetivo verificar se a informação entoacional produzida por falantes com esquizofrenia apresenta características específicas suficientes, dada a tendência à diminuição na variação de F_0 . Para tanto, realizamos um experimento que contou com a participação de 10 sujeitos com esquizofrenia e 10 sujeitos como grupo de controle. As análises foram feitas a partir de narrativas pessoais de cunho emocional, divididas entre tristes e felizes e a entoação foi utilizada para determinar as fronteiras frasais prosódicas. O critério sintático não foi considerado. O cálculo da informação foi realizado utilizando um modelo baseado no conceito de entropia de Shannon, e foi aplicado em cada frase entoacional segmentada. Os resultados apresentaram diferença entre os grupos, em que os valores de entropia na entoação da fala de sujeitos com esquizofrenia foi significativamente menor do que a do grupo de controle: $t_c(1,81) > t_o(-3,04)$, $p < 0,01$, para a diferença entre as médias, e $F_c(0,31) > F_o(0,05)$, $p < 0,001$, para a diferença da variância. Com base nessas estatísticas, considerou-se que a entoação da fala de sujeitos com esquizofrenia se caracteriza de forma bastante homogênea, com tendência forte para a diminuição na quantidade de informação que poderia manifestar.

Palavras-chave: Prosódia; Esquizofrenia; Entropia.

Abstract: This paper aims to verify if the intonation information produced by speakers with schizophrenia has sufficient specific characteristics. In order to analyze that, we conducted an experiment with 10 subjects with schizophrenia and 10 subjects as a control group. The analyzes were made from emotive personal narratives, divided between sad and happy narratives. Intonation was used to determine prosodic phrasal boundaries and for now the syntactic criterion was not considered. The information value was calculated using a model based on Shannon's entropy for each segmented intonation phrase. The results showed differences between the groups, intonation entropy values of subjects with schizophrenia were significantly lower than the control group: $t_c(1.81) > t_o(-3.04)$, $p < 0.01$, for the difference between the means, and $F_c(0.31) > F_o(0.05)$, $p < 0.001$, for the difference of variance. Based on these statistics, it was considered that the speech intonation of subjects with schizophrenia is very homogeneous, with a strong tendency to decrease the amount of information that could manifest.

Keywords: prosody; schizophrenia; entropy.

1 Introdução

Desde a descrição sintomática feita por E. Bleuler, a esquizofrenia tem sido relacionada com desordens da linguagem (Kuperberg, 2010). Nos últimos anos, o interesse se voltou para as características acústicas e de produção da fala, em especial a prosódia. Descrições encontradas na literatura definem que a prosódia da fala de pacientes com esquizofrenia é pouco dotada de variações melódicas (Peppé, 2009 para revisão sobre o tema), com pausas muito longas e um grande número de hesitações (Clemmer, 1980). Tais características foram colocadas sob o rótulo genérico de *aprosódia* (Ross, 1981).

Com relação à entoação, estudos demonstram que esses pacientes tendem a produzir padrões atonais, com pouca variação melódica (Alpert et al., 1986); dificuldades em utilizar a entoação em tarefas de topicalização e distinção discursiva (Michelas et al., 2014); *phrasing* (Martínez, Donado, & Eslava, 2015; Michelas et al., 2014); na identificação de intenções e atitudes (Mitchell & Crow, 2005) e na manifestação de emoções por meio da fala (Murphy & Cutting, 1990; Ross et al., 2001; Hoekert et al., 2007; Jorge, 2019). Em estudo anterior (Martins & Ferreira-Netto, 2017), encontramos um padrão *quasi*-atonal na fala de sujeitos com esquizofrenia, quando comparado com amostras de fala emotiva atuada de indivíduos saudáveis. Um dos problemas observados naquele estudo era a forma de medir o grau de perda linguística, tendo em vista exclusivamente esta diminuição na variação de F_0 .

Neste sentido, o objetivo deste estudo é justamente avaliar a entropia da entoação, isto é a quantidade de informação veiculada pela variação de *pitch* de uma sentença, seja essa informação estrutural ou comunicativa, como proposto em Xu (2011). A partir desse cálculo, pretendemos avaliar se a redução na variação de F_0 pode afetar a quantidade de informação veiculada pela entoação de um indivíduo acometido pela esquizofrenia, fato que pode representar perdas linguísticas a serem analisadas.

2 Materiais e métodos

2.1 Entropia da entoação

Para o cálculo de entropia da entoação utilizamos um modelo, por nós construído, baseado no conceito de entropia da informação (Shannon, 1948), definido como a quantidade de informação que pode ser produzida e transmitida por uma fonte a partir da combinação dos símbolos disponíveis em um código. O modelo aqui apresentado considera que o falante veicula informações (estruturais ou comunicativas) pela entoação, a partir da combinação de nove elementos tonais: direção, alvo, movimento, *shift*, alongamento, pausa $>0,5s$, correlação, distância e variação de foco e ênfase. Estes elementos, de forma combinada ou não, são fundamentais para o estabelecimento de funções linguísticas ou comunicativas. Neste trabalho, utilizamos esses parâmetros para definir fronteiras frasais por meio de *parsing*, considerando: (i) ocorrência de somente um parâmetro significativo ($p \leq 0,05$) ou (ii) um conjunto de parâmetros também significativos.

O cálculo da entropia (H) é definido pelo Teorema 2 de C. Shannon (1948), como representado na equação (1):

$$H = -K \sum_{i,j} p_i \log p_i \quad (1)$$

onde, K é uma constante definida para tornar o resultado maior que zero e p é a probabilidade de o sistema estar no ponto i em seu espaço de fase.

Por ser um modelo probabilístico, a entropia leva em consideração a probabilidade de um dado conjunto de elementos se organizar em sequência. Deste modo, uma sequência invariável ϕ terá entropia igual a zero, visto que a probabilidade será sempre igual a 1 ($\log 1 = 0$). De outra forma, a entropia máxima será aquela em que p_i e p_n são iguais, ou seja, no inverso do espaço amostral $H_{max} = \log \frac{1}{n}$, quando a probabilidade de ocorrência de qualquer símbolo é igual a 0,5.

A partir de propriedades matemáticas, pode se assumir que entropia de uma fonte é dada pela média ponderada das entropias de suas partes $H(H_1, H_2...H_n)$, de acordo com a probabilidade de ocorrência delas (p_s) (Shannon, 1948). O valor ponderado foi estabelecido, baseando-se no número de unidades entoacionais que ocorrem no decurso de uma sentença.

2.2 Participantes

Dez pacientes do sexo masculino, com idades entre 25 e 65 anos, diagnosticados com esquizofrenia (SE), foram recrutados em duas instituições públicas para tratamento de saúde mental nos estados do Rio de Janeiro ($n=4$) e São Paulo ($n=6$). O grupo controle (SC) é formado por dez sujeitos do sexo masculino, com idades entre 24 e 65 anos, recrutados na região das instituições. Os critérios de seleção foram: não ter histórico de doenças mentais e não ter qualquer problema de fala. Todos os participantes são falantes nativos do Português Brasileiro, alfabetizados e com escolaridade variável, apesar disso procuramos manter o balanceamento entre

os dois grupos nas variáveis idade e escolaridade. Os participantes foram gravados em um consultório médico, com equipamento portátil e microfone unidirecional em quatro tarefas linguísticas: (i) uma anamnese, (ii) a descrição de uma imagem; (iii) uma narrativa pessoal de cunho emotivo, um episódio de vida considerado triste e outro feliz, e (iv) a leitura de um texto, um excerto de O Maravilhoso Mágico de Oz. Para a análise apresentada neste trabalho utilizamos somente a tarefa (iii) de narrativa pessoal.

3 Resultados

Para estabelecer o valor da entropia da entoação relativa (E), i.e. a entropia total de cada um dos sujeitos, calculamos a soma total das probabilidades durante a elocução de cada um deles (p_s), a partir da quantidade de fronteiras entoacionais encontradas na elocução como um todo, definidas pelos nove parâmetros acima apresentados. Para o cálculo da entropia relativa, utilizamos a equação (2), em que n_i representa o total de frases entoacionais que ocorreram em cada uma das elocuições.

$$E = \frac{\log_2 \frac{1}{p_{si}}}{n_i} \quad (2)$$

De modo geral, os valores médios das entropias relativas e dos desvios-padrão foram mais baixos para os sujeitos com esquizofrenia ($\bar{x} = 0,105$ e $\sigma^2 = 0,004$) do que para os membros do grupo de controle ($\bar{x} = 0,203$ e $\sigma^2 = 0,006$). Na avaliação estatística comparada entre os grupos, o teste z para comparação entre as médias apresentou um resultado significativo com $p < 0,01$ e $z_{(1,645)} = -3,126$. O teste t para amostras com variâncias iguais foi significativo tanto unicaudal - $p < 0,01$ e $t_{(1,734)} = -3,126$ — como bicaudal — $p < 0,01$ e $t_{(2,101)} = -3,126$. Esses resultados apontam para o fato de que a entropia entoacional dos sujeitos com esquizofrenia é menor do que a do grupo controle, caracterizando o discurso esquizofrênico com forte tendência à diminuição na quantidade de informação entoacional.

Com relação aos nove parâmetros tonais, nossa análise mostrou que *movimento*, *distância*, *variação de foco/ênfase* e *pausa > 0,5 s.* não foram significativamente diferentes. A comparação entre os grupos quanto aos parâmetros *alvo* e *alongamento* mostrou que há diferença significativa quanto à entropia relativa média, mas não quanto à dispersão. Os dois parâmetros tiveram uma entropia relativa mais baixa entre os sujeitos com esquizofrenia. A comparação dos parâmetros *direção*, *correlação* e *shift* entre os grupos mostrou uma diferença significativa quanto à variação da entropia e quanto à dispersão dos valores dentro de cada grupo. Os parâmetros *direção* e *correlação* tiveram uma entropia relativa mais alta entre os sujeitos com esquizofrenia. Quanto ao parâmetro *shift*, o valor da entropia relativa dos sujeitos com esquizofrenia foi mais baixo, apresentando maior dispersão ($\sigma^2 = 0,064$ para o grupo os sujeitos com esquizofrenia e $\sigma^2 = 0,007$ para os sujeitos do grupo de controle).

4 Considerações finais

Entendemos que o modelo de entropia pressupõe que a informação é construída a partir de escolhas feitas a partir das possibilidades oferecidas pelo código. Desse ponto de vista, cabe entender que os limites extremos dessas escolhas são, de um lado, a ausência de opções e, de outros, a absoluta ausência de regras ou tendências capazes de orientar os sujeitos nesse processo de escolha, ou seja a absoluta aleatoriedade. Não se trata, portanto, de se considerar que os sujeitos com esquizofrenia tenham dificuldade no manejo da entoação, mas sim de caracterizar que o

manejo da entoação é feito com possibilidades de escolha diferentes daquela do grupo de controle. No conjunto dos parâmetros que estabelecemos para fazer essas medições, as diferenças mais significativas ocorreram entre *alvo*, *alongamento*, *direção*, *correlação* e *shift*. Entendemos que análise mais ampla destes parâmetros se faz necessária para uma compreensão do uso linguístico empreendidos por estes pacientes.

Procedimentos éticos

Todos os protocolos apresentados foram aprovados pelas instituições participantes e pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de São Paulo. Todos os participantes foram voluntários e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes de iniciarem a coleta, como designa a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. A pesquisa foi realizada com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; também contou com o apoio do CNPq, processos 400145/2009-0; PQ 300235/2010-0; 421369/2018-3 e da própria Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS

1. Kuperberg, G. R. Language in Schizophrenia Part 1: An Introduction. *Linguist. Lang. Compass*, 4(8), 576–589, 2010.
2. Peppé, S. J. E. Why is prosody in speech-language pathology so difficult?. *Int. J. Speech. Lang. Pathol.*, 11(4), 258-271, 2009.
3. Clemmer, E. J. Psycholinguistic aspects of pauses and temporal patterns in schizophrenic speech. *J. Psycholinguist. Res.*, 9(2), 161-185, 1980.
4. Ross, E. D. The aprosodias. Functional-anatomic organization of the affective components of language in the right hemisphere. *Arch. Neurol.*, 38(9), 561–569, 1981.
5. Alpert, M., Homel, P., Merewether, F., Martz, J., Lomask, M. Voxcom: A system for analyzing natural speech in real time. *Behav. Res. Methods, Instruments, Comput.*, 18 (2), 267–272, 1986.
6. Michelas, A., Faget, C., Portes, C., Lienhart, A. S., Boyer, L., Lançon, C., Champagne-Lavau, M. Do patients with schizophrenia use prosody to encode contrastive discourse status? *Front. Psychol.*, 5, 1–13, 2014.
7. Martínez, A., Donado, C. A. F., Eslava, D. L. M. Valoración de prosodia espontánea afectiva y análisis de discurso en pacientes con esquizofrenia y demencia frontotemporal (DFT) variante lingüística. *Rev. Colomb. Psiquiatr.*, 44 (1), 13–19, 2015.
8. Mitchell, R. L. C., Crow, T. J. Right hemisphere language functions and schizophrenia: The forgotten hemisphere? *Brain*, 128 (1), 963–978, 2005.
9. Murphy, D., Cutting, J. Prosodic comprehension and expression in schizophrenia. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 53 (9), 727–730, 1990.
10. Ross, E. D., Orbelo, D. M., Testa, J. A., Hansel, S., Burgard, M., Cartwright, J., Buck, R. Affective-prosodic deficits in schizophrenia: Profiles of patients with brain damage and comparison with relation to schizophrenic symptoms. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 70 (5), 597–604, 2001.
11. Hoekert, M., Kahn, R. S., Pijnenborg, M., Aleman, A. Impaired recognition and expression of emotional prosody in schizophrenia: Review and meta-analysis. *Schizophr. Res.*, 96 (1-3), 135-145, 2007.
12. Jorge, A. C. A. *Prosódia Afetiva na esquizofrenia*. Dissertação (Mestrado em Filologia e Língua Portuguesa). Universidade de São Paulo. São Paulo, 156f. 2019
13. Martins, M. V. M., Ferreira-Netto, W. Proposal of description for an intonation pattern: the Simulacrum of Neutral Intonation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 141(3), 3071, 2017.
14. Xu, Y. Speech prosody: A methodological review. *J. Speech Sci.*, 1 (1), 85–115, 2011.
15. Shannon, C. E. A Mathematical Theory of Communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27, 379–423, 1948.